

# Additive Fertigung von Ersatzteilen – Re-Design und Re-Engineering einzelner Komponenten von Straßenbahnen am Beispiel der Bughaube des Combino® der Stadtwerke Ulm

Bereits im Jahr 2012 hat die Siemens Mobility die zunehmende Bedeutung der Additiven Fertigung für die Ersatzteilversorgung erkannt und diese Technologie in ihr Portfolio integriert. In den ersten Jahren stand die 1:1 Replikation von Ersatzteilen im Vordergrund. So konnte eine Vielzahl an Teilen für Straßenbahnen, Stadtbahnen, Regional- und Fernbahnen, Loks sowie Infrastruktureinrichtungen gefertigt und speziell für die Bahnanwendung zugelassen werden. Dieser in der Bahnindustrie neue und innovative Versorgungsweg hat den Bezug von Ersatzteilen revolutioniert.



Neben metallischen Nachproduktionen, die früher auf dem konventionellen Produktionsweg der Gusstechnologie hergestellt wurden, werden heute im 3D-Druck Verfahren häufig Ersatzteile gefertigt, die Teile aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) ersetzen. In beiden Fällen liegt ein wesentlicher Kundenvorteil darin, dass hohe Einmalkosten für Werkzeuge und Formen dauerhaft entfallen. Zudem kommt die Additive Fertigung ohne Mindestmengen aus. Gerade bei der Ersatzteilversorgung ist die kostengleiche Produktionsmenge beginnend mit dem „ersten Stück“ für die wirtschaftliche Instandhaltung hoch interessant. Anders als bei der konventionellen Fertigung punktet die 3D-Technologie darüber hinaus mit sehr kurzen Realisierungszeiten. Besteht ein erneuter Bedarf eines schon 3D-gedruckten Teils, hängt die Reproduktionszeit lediglich von der entsprechenden Maschinenauslastung ab.

Der neue Produktionsweg entwickelte sich in den letzten Jahren rasant für Bahnanwendungen. Einhergehend mit der Verbesserung der Technik wurde der Bedarf geweckt, die volle Bandbreite der Technologie auszuschöpfen. Der Übergang zu weiteren Mehrwerten entwickelte sich flie-

ßend. Durch einfache Designanpassungen erhielten zum Beispiel Bugschürzen Aufnahmen für Tagfahrlichter. Weiterhin wurden ehemalige GFK-Bauteile im Havarie Bereich als 3D-Druck-Erzeugnis umgesetzt und dabei segmentiert, um nur noch Teilbereiche auswechseln zu müssen.

Gemeinsam mit der SWU Verkehr GmbH in Ulm hat Siemens Mobility die Tram-Flotte des Combino® nicht nur technisch verbessert, sondern auch optisch neugestaltet. Ziel der gemeinsamen Entwicklung der hier dargestellten Bughaube war es, auf einfachem Weg greifbare finanzielle Mehrwerte in Verbindung mit einem zeitgemäßen Design zu verbinden. Dabei wurden Wünsche der SWU im Rahmen der Customer Co-Creation individuell berücksichtigt, was die Designfreiheit eines jeden Teils zum Ausdruck bringt.

Die 3D-gedruckte Bughaube bringt im Vergleich zur GFK-Bughaube durch eine verrippte Konstruktion eine deutlich höhere Formstabilität und damit eine exaktere Passgenauigkeit mit sich. Dies ermöglicht eine wesentlich leichtere und schnelle Montage nach einer Havarie.

Der bereits im Avenio® M verbaute LED-Hauptscheinwerfer wurde im neuen De-



**Jürgen Späth**

Leiter Schienenfahrzeuge,  
Stellv. Betriebsleiter BOStrab bei  
der SWU Verkehr GmbH in Ulm  
juergen.spaeath@swu.de



**Philip Emmerling**

Business Development  
Additive Manufacturing  
Philip.emmerling@siemens.com



**Andreas Düvel**

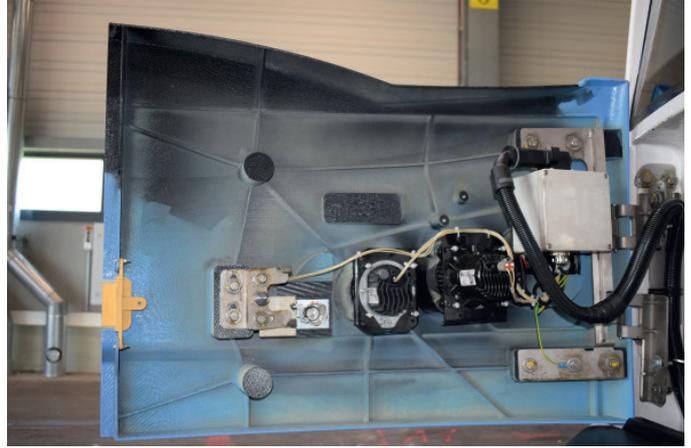
Senior Sales Representative  
Customer Services  
andreas.duevel@siemens.com

sign eingebunden und reduziert nicht nur die Teilevielfalt der SWU-Verkehr, sondern realisiert automatisch einen nicht zu unterschätzenden Sicherheitsaspekt. Die Einbin-

derung des Hauptscheinwerfers wurde dabei so gewählt, dass die Einstellbarkeit nun von außen gegeben ist. Hierdurch wird der SWU Verkehr in der Instandhaltung eine reduzierte Einstellzeit ermöglicht. Für die langfristig angedachte Nachrüstung eines Fahrerassistenzsystems (ADAS; Advanced Driver Assistance System) wurde die notwendige Frontöffnung bereits vorgesehen und mittels schraubbarer Deckel, ebenfalls im 3D-Druck erstellt, geschlossen. Als Schnittstelle zum Fahrzeugrohbau wurde das vorhandene Scharnier beibehalten. Die bei der GFK-Fertigung üblichen einlaminierten Bleche und Winkel zur Aufnahme von Befestigungen und Schraubverbindungen konnten entfallen und wurden durch Gewindeeinsätze ersetzt. So wurde eine spürbare Gewichtsreduktion erreicht.

Das Zusammenspiel zwischen Kunden- und Bauteilanforderungen sowie einer fertigungsgerechten Konstruktionsweise ist bei 3D gedruckten Bauteilen entscheidend. Durch die nahezu grenzenlosen Designmöglichkeiten, selbst bei komplexesten Strukturen, können die Kundenwünsche

1: Re-Designte Bughaube des Combino®



bereits in der Designphase berücksichtigt werden. Das ist ein entscheidender Vorteil gegenüber dem herkömmlichen Herstellungsverfahren, bei dem häufig technische und konstruktive Restriktionen beachtet werden müssen, wenn es um die Werkzeugherstellung und spätere Produktion geht.

Ausgangspunkt beim Kundenbeispiel der SWU war, die deutlich helleren und wartungsärmeren LED-Scheinwerfer des Avenio® M auch in den Bestandsfahrzeugen einzusetzen. Fast zeitgleich zu diesen Überlegungen wurden die alten Formen für die GFK-Fertigung abgekündigt, da diese nach knapp 20 Jahren nicht mehr

**iaf** 28. Internationale Ausstellung  
Fahrwegtechnik

## 28. Internationale Ausstellung Fahrwegtechnik (iaf)

**31. Mai - 2. Juni 2022 in Münster**

- > Weltweit größte Messe auf dem Gebiet der Fahrwegtechnik
- > Über 200 internationale Aussteller
- > 15.000 m<sup>2</sup> Hallenfläche, 6.000 m<sup>2</sup> Freigelände und 3 km Gleise
- > Seminare und Workshops im iaf Salon
- > Jobbörse und Karrieretag

Weitere Informationen unter: [www.iaf-messe.com](http://www.iaf-messe.com)





2: Combino® rechts mit herkömmlicher und links mit Re-Designter und Re-Engineerter Bughaube

zu gebrauchen waren. Für neue Formen wäre eine nicht unerhebliche Investition notwendig gewesen. Die Entscheidung fiel dann auf eine Neufertigung im 3D-Druck mit Integration der LED-Scheinwerfer der Avenio® M-Fahrzeuge. Nachdem sich die Combino®-Fahrzeuge bereits seit 18 Jahren im Einsatz befinden, ging diese Neufertigung mit einem kompletten Redesign der Fronthauben einher.

Ein weiterer entscheidender Vorteil der 3D-Druck Technologie besteht darin, dass ein erster Prototyp kurzfristig zur Verfügung steht. So können die Schnittstellen der Bughaube zum Fahrzeug zeitnah überprüft werden. Ein Beispiel hierfür ist der Spritzwassertank, welcher bauraumseitig direkt hinter den neu eingepassten Scheinwerfern sitzt. Dabei wird meist ein besonderes Material verwendet, welches noch nicht die finalen technischen Eigenschaften aufweist, um beim Druck Zeit und Kosten zu sparen. Des Weiteren können beim 3D-Druck jederzeit Änderungen implementiert werden, da für den Prototypen keine Einmalkosten aufkommen. So können beispielsweise die Scheinwerfer – sogar auch später beim „Serienbauteil“ – in ihrer Position noch verändert werden. Dies war kundenseitig gefordert, da herkömmliche Scheinwerfer häufig zu weit im Fahrzeugkopf versenkt sind und diese in der Waschanlage nicht komplett gereinigt werden können. Auch sämtliche Halterungen für Elektronikkomponenten und Kabelführungen können frei positioniert werden, sodass die Montage schnell und einfach durchgeführt werden kann. So können wertvolle Wartungszeit und -kosten einge-

spart werden. Bei erfolgreicher Prototypenanpassung wird schließlich das Produkt in den Druck gegeben. Die beachtlichen Bauteilmaße von 900 x 600 mm reizen die Kapazitäten der derzeit am Markt erhältlichen FDM-Drucker voll aus, bei Druckzeiten von bis zu 170 Stunden. Durch das speziell zertifizierte Druckmaterial können neben den technischen Anforderungen auch die aktuellen Brandschutznachweise nach DIN EN 45545 erbracht werden. Besonders hervorzuheben ist es, da die Anforderungen bzgl. Brandschutz sehr hoch liegen und die Kombination gedruckter, lackierter Bauteile eine technische Herausforderung ist. Im Vergleich zu herkömmlich verwendetem GFK-Material erklärt und rechtfertigt dies die Preise für additiv gefertigte Bauteile im Bahnbereich.

Gemeinsam mit dem Unternehmen Busse-Design und Siemens Mobility wurde in einem iterativen Prozess das neue Design der Bughaube des Combino® entwickelt. Basierend auf Designskizzen wurden schrittweise die neuen 3D-Fronthauben gestaltet. Durch eine enge und konstruktive Zusammenarbeit der Beteiligten konn-

ten alle Kundenanforderungen der SWU realisiert werden. Das Hervorsetzen der Scheinwerfer erleichtert zum einen deren Reinigung, zum anderen konnten die Einstellbarkeit und Strahlkraft optimiert werden. Die Bauteilegleichheit von Scheinwerfern, Blink- und Rückleuchten vereinfacht darüber hinaus die Ersatzteilebevorratung und aufgrund gleicher Schnittstellen zum Fahrzeug ist der Wechsel von der alten zur neuen Schürze mit geringem Aufwand verbunden.

Entscheidet sich ein Kunde für die Ersatzteilversorgung durch Siemens Mobility, muss sich dieser zukünftig keine Gedanken mehr um eine reibungslose Ersatzteilversorgung als auch eine zukünftige Obsoleszenz machen. Auch die für gewöhnlich anfallenden Einmalkosten und daraus resultierenden Mindestbestellmengen konventioneller Herstellungsverfahren werden durch die 3D-Druck Technologie irrelevant. Die Bestellung des Bauteils erfolgt über die Online Bestellplattform MoBase®, auf der alle nötigen Informationen wie Zubehör, Lieferumfang, Preise und Lieferzeit übersichtlich dargestellt sind. Mit nur einem Mausklick kann das Bauteil on-demand direkt bestellt werden. Durch das Easy Spares®-Konzept der Siemens Mobility werden die Bauteile nach Bedarf bevorratet und können dadurch innerhalb weniger Tage ausgeliefert werden. Das Konzept der Ersatzteilversorgung trägt somit entscheidend zu einer sehr hohen Verfügbarkeit der Fahrzeuge beim Kunden bei. •



<https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/services/spare-part-services/easy-sparovation-part.html>

### Summary

#### Additive manufacturing of spare parts – Re-design and re-engineering of single tramway components using the example of the Combino® bow bonnet of the Stadtwerke Ulm

Already in the year 2012, Siemens Mobility has recognized the increasing importance of additive manufacturing for the spare part supply and integrated this technology into their portfolio. In the first few years, the 1:1 replication of spare parts was the main focus. So, it was possible to produce a large number of parts for tramways, city rails, regional- and intercity trains, locomotives as well as infrastructural facilities and to have them approved specifically for railway applications. This new and innovative supply route has revolutionized the procurement of spare parts.